

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10079029 A**

(43) Date of publication of application: **24.03.98**

(51) Int. Cl.
G06T 7/00
G01B 11/24
G03B 35/20

(21) Application number: **08248523**

(22) Date of filing: **02.09.96**

(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor:
ISHIKAWA MOTOHIRO
MATSUGI MASAKAZU
SEKINE MASAYOSHI

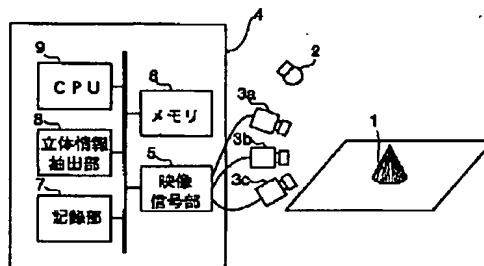
(54) **STEREOSCOPIC INFORMATION DETECTING
METHOD AND DEVICE THEREFOR**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stereoscopic information detecting method detecting stereoscopic shape information on a subject and texture information on the subject from plural pieces of picture data.

SOLUTION: Video signals inputted from cameras 3a to 3c are converted into a picture format easily handled by a stereoscopic information detecting part 8 by a video signal part 5. The result is written in a memory 6 as one sheet of picture data by each view point by CPU 9. In addition CPU 9 writes a camera parameter including subject position information previously stored within a storage device 7, view point position information of the respective cameras 3a to 3c and information on a focal distance, a picture angle, etc., and information on the position and the characteristic of a light source 2 in the memory 6 with picture data. A stereoscopic information detecting part 8 executes processing for detecting stereoscopic information consisting of stereoscopic shape information of the subject 1 and the characteristic (texture information) of a subject surface.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-79029

(43)公開日 平成10年(1998) 3月24日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/62	4 1 5
G 0 1 B 11/24			G 0 1 B 11/24	K
G 0 3 B 35/20			G 0 3 B 35/20	

審査請求 未請求 請求項の数16 F D (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-248523

(22)出願日 平成8年(1996) 9月2日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 石川 基博

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 真継 優和

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 関根 正慶

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

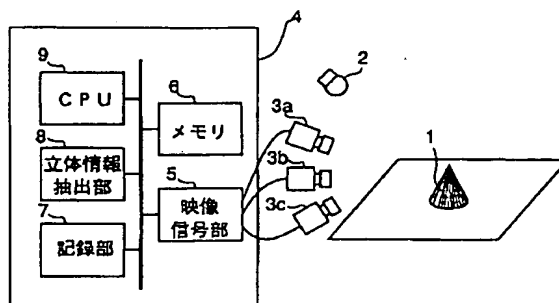
(74)代理人 弁理士 渡部 敏彦

(54)【発明の名称】 立体情報検出方法及びその装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 複数の画像データから被写体の立体形状情報及び被写体のテクスチャ情報を含む立体情報を検出することができる立体情報検出方法を提供する。

【解決手段】 カメラ3a, 3b, 3cから入力された映像信号は、映像信号部5において立体情報検出部8が扱いやすい画像フォーマットへ変換される。その結果はCPU9により各視点毎に1枚分の画像データとしてメモリ6へ書き込まれる。また、CPU9により、予め記憶部7内に記憶されていた被写体位置情報、カメラ3a, 3b, 3cそれぞれの視点位置情報、焦点距離や画角等の情報を含むカメラパラメータ、及び、光源2の位置や特性に関する情報が、画像データと共にメモリ6へ書き込まれる。立体情報検出部8では、被写体1の立体形状情報及び被写体表面の特性(テクスチャ情報)からなる立体情報を検出するための処理が行われる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源により照明された被写体を複数の視点位置から撮影装置により撮影することにより得られる画像データから前記被写体の立体情報を検出する立体情報検出方法であって、
前記得られた画像データを複数の小領域に分割し、
前記複数の視点位置毎に、前記光源に関する光源情報と前記複数の視点位置それぞれにおける前記撮影装置の撮影姿勢情報とを用いて、前記複数の小領域それぞれの立体情報を検出し、
前記複数の視点位置毎に検出された前記複数の小領域それぞれの立体情報を任意の座標系上で統合することにより前記被写体の立体情報を検出する事の特徴とする立体情報検出方法。

【請求項 2】 前記立体情報は前記被写体の立体形状情報と前記被写体の表面のテクスチャ情報とからなり、前記立体情報検出方法は、
前記複数の視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報と前記得られた画像データに基づいて被写体の立体形状情報を求め、
前記被写体の立体形状情報及び前記光源に関する光源情報とに基づいて、前記被写体の表面のテクスチャ情報を求め、
前記求められた立体形状情報及び前記求められたテクスチャ情報を任意の座標系において立体情報として統合することを特徴とする請求項 1 に記載の立体情報検出方法。

【請求項 3】 前記得られた画像データに基づいて、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出するステップを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の立体情報検出方法。

【請求項 4】 前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出するステップは、表面に既知のパターンが描かれた試料を前記被写体と共に撮影するステップを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の立体情報検出方法。

【請求項 5】 前記得られた画像データに基づいて前記光源の光源情報を検出するステップを含むことを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の立体情報検出方法。

【請求項 6】 前記光源の光源情報を検出するステップにおいて、前記光源情報は、光学的特性が既知である複数の領域を有する試料を被写体と共に撮影することにより得られる画像データに基づいて検出されることを特徴とする請求項 5 に記載の立体情報検出方法。

【請求項 7】 前記テクスチャ情報は前記被写体の表面の反射率を含み、前記立体情報検出方法は、前記反射率を用いて前記求められた前記被写体の立体形状情報を修正するステップを含むことを特徴とする請求項 2 に記載の立体情報検出方法。

2

【請求項 8】 前記修正された立体形状情報を用いて、前記反射率を修正するステップを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の立体情報検出方法。

【請求項 9】 光源により照明された被写体を複数の視点位置に設けられた撮影装置により撮影することにより得られた画像データが入力される入力手段と、
前記入力された画像データを複数の小領域に分割し、前記複数の視点位置毎に、前記光源に関する光源情報と前記複数の撮影装置の撮影姿勢情報とを用いて、前記複数の小領域それぞれの立体情報を検出し、前記複数の視点位置毎に検出された前記複数の小領域それぞれの立体情報を任意の座標系上で統合することにより前記被写体の立体情報を検出する立体情報検出手段とを備えることを特徴とする立体情報検出装置。

【請求項 10】 前記立体情報は前記被写体の立体形状情報と前記被写体の表面のテクスチャ情報とを含み、前記立体情報検出手段は、前記複数の視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報と前記入力された画像データに基づいて被写体の立体形状情報を求め、前記被写体の立体形状情報及び前記光源に関する光源情報とに基づいて前記被写体の表面のテクスチャ情報を求め、前記求められた立体形状情報及び前記求められたテクスチャ情報を任意の座標系において立体情報として統合することにより前記立体情報を検出するように構成されることを特徴とする請求項 9 に記載の立体情報検出装置。

【請求項 11】 前記撮影装置により得られた画像データに基づいて前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出する撮影姿勢情報検出手段を備えることを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の立体情報検出装置。

【請求項 12】 前記撮影姿勢情報検出手段は、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を、表面に既知のパターンが描かれた試料を前記被写体と共に撮影することにより検出するように構成されることを特徴とする請求項 11 に記載の立体情報検出装置。

【請求項 13】 前記撮影装置により得られた画像データに基づいて前記光源の光源情報を検出する光源情報検出手段を備えることを特徴とする請求項 9～12 のいずれか 1 項に記載の立体情報検出装置。

【請求項 14】 前記光源情報検出手段は、前記光源情報を、光学的特性が既知である複数の領域を有する試料を被写体と共に撮影することにより得られる画像データに基づいて検出するように構成されることを特徴とする請求項 13 に記載の立体情報検出装置。

【請求項 15】 前記テクスチャ情報は前記被写体の表面の反射率を含み、前記立体情報検出装置は、前記反射率を用いて前記求められた前記被写体の立体形状情報を修正する立体形状情報修正手段を備えることを特徴とする請求項 10 に記載の立体情報検出装置。

【請求項 16】 前記修正された立体形状情報を用い

て、前記反射率を修正する反射率修正手段を備えることを特徴とする請求項15に記載の立体情報検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被写体を撮影することにより得られる画像信号から、当該被写体の立体形状情報及び表面反射率等のテクスチャ情報とからなる立体情報を検出する立体情報検出方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、任意の被写体の立体形状情報を検出する手法の一つに、被写体を複数の異なる視点から撮影して画像データを取得し、撮影時の相対的な視点位置関係と画像データ中の被写体位置とから、三角測量の原理を用いて被写体までの距離を検出し、これを統合して被写体の立体形状情報を検出する手法がある。

【0003】図8は、上記従来の手法の原理を示す説明図である。同図において、被写体の一の点Aを二つのカメラ3a、3b（視点位置OL、OR）により撮影した場合、両視点位置の視差によって画像データ中の位置にずれ（PR-PL）が生じる。このずれの量を求めるこ

$$I = I_0 \cdot K_a \cdot \cos \theta + I_0 \cdot K_b \cdot (\cos \phi)^{K_c} + C \cdots \cdots (1)$$

ここで、 K_a は拡散反射係数、 K_b は鏡面反射係数、 K_c は表面荒さによる鏡面反射の広がりを表す定数、 C は環境光による寄与、 I_0 は光源の輝度、 I は反射後検出される輝度を示す。また、図9において、 N は表面法線方向、 θ は光源方向と法線方向とがなす角、 ϕ は光源反射方向と視点方向とがなす角である。

【0007】上式より、拡散光は光源方向と被写体表面とがなす角 θ によって決定され、視点と反射方向とがなす角 ϕ にはよらない。従って、被写体表面が一様な拡散反射面（ $K_b \approx 0$ ）である場合、同一の光源に対して任意の面の輝度レベルは視点位置に拘わらずほぼ等しいと考えることができ、複数の画像データ間の対応関係を正しく求めることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、被写体表面が拡散反射面以外の面を有するとき、つまり同じ面の輝度が視点に対して大きく変化する場合は、画像データの輝度レベルをそのまま用いる手法を用いて正しい対応関係を求めることができなかった。すなわち、これまでの対応点抽出により被写体形状を求める手法においては、その精度が被写体の面特性によって左右され、判定可能な被写体が限定されていた。

【0009】また、被写体の立体形状情報を使用する場合、実際にはその被写体のテクスチャ情報が必要な場合があり、その表面の色、反射率等が不明なままではデータとして不十分であった。

【0010】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、複数の画像データから被写体の立体形状情

とにより、撮影時の光軸方向、焦点距離、及び二つのカメラ3a、3bの相対位置関係に基づいて、任意の空間上での点Aの位置を決定することができる。

【0004】実際の処理は、以下に行われる。まず、複数の視点位置から被写体の撮影を行い、このときに各視点位置及び被写体位置の相対位置関係を記録する。次に、複数の視点位置から撮影された複数の画像データから、テンプレートマッチング法等の既知の手法を用いて、複数の画像データ間の画素単位での対応関係を求める。そして、求められた対応関係と撮影時に記録した視点位置とから視差を求め、三角測量の原理を用いて任意の座標上で統合された被写体形状を求めることができる。

【0005】複数の画像データ間の対応関係を求める場合、テンプレートマッチング法等では、画素の輝度レベルでの対応関係が用いられる。撮影時の被写体表面での光の反射は、被写体に光を照射する光源2と視点位置OL、ORとの位置関係が図9に示す関係にある場合は、次式のモデルで表すことができる。

【0006】

報及び被写体のテクスチャ情報を含む立体情報を検出することができる立体情報検出方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1の立体情報検出方法は、光源により照明された被写体を複数の視点位置から撮影装置により撮影することにより得られる画像データから前記被写体の立体情報を検出する立体情報検出方法であって、前記得られた画像データを複数の小領域に分割し、前記複数の視点位置毎に、前記光源に関する光源情報と前記複数の視点位置それぞれにおける前記撮影装置の撮影姿勢情報とを用いて、前記複数の小領域それぞれの立体情報を検出し、前記複数の視点位置毎に検出された前記複数の小領域それぞれの立体情報を任意の座標系上で統合することにより前記被写体の立体情報を検出する事の特徴とする。

【0012】請求項2の立体情報検出方法は、上記請求項1に記載の立体情報検出方法において、前記立体情報は前記被写体の立体形状情報と前記被写体の表面のテクスチャ情報とからなり、前記立体情報検出方法は、前記複数の視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報と前記得られた画像データに基づいて被写体の立体形状情報を求め、前記被写体の立体形状情報及び前記光源に関する光源情報とに基づいて、前記被写体の表面のテクスチャ情報を求め、前記求められた立体形状情報及び前記求められたテクスチャ情報を任意の座標系において立体情報として統合することを特徴とする。

5

【0013】請求項3の立体情報検出方法は、上記請求項1又は2に記載の立体情報検出方法において、前記得られた画像データに基づいて、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出するステップを含むことを特徴とする。

【0014】請求項4の立体情報検出方法は、上記請求項3に記載の立体情報検出方法において、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出するステップは、表面に既知のパターンが描かれた試料を前記被写体と共に撮影するステップを含むことを特徴とする。

【0015】請求項5の立体情報検出方法は、上記請求項1～4のいずれか1項に記載の立体情報検出方法において、前記得られた画像データに基づいて前記光源の光源情報を検出するステップを含むことを特徴とする。

【0016】請求項6の立体情報検出方法は、上記請求項5に記載の立体情報検出方法において、前記光源の光源情報を検出するステップにおいて、前記光源情報は、光学的特性が既知である複数の領域を有する試料を被写体と共に撮影することにより得られる画像データに基づいて検出されることを特徴とする。

【0017】請求項7の立体情報検出方法は、上記請求項2に記載の立体情報検出方法において、前記テクスチャ情報は前記被写体の表面の反射率を含み、前記立体情報検出方法は、前記反射率を用いて前記求められた前記被写体の立体形状情報を修正するステップを含むことを特徴とする。

【0018】請求項8の立体情報検出方法は、上記請求項7に記載の立体情報検出方法において、前記修正された立体形状情報を用いて、前記反射率を修正するステップを含むことを特徴とする。

【0019】請求項9の立体情報検出装置は、光源により照明された被写体を複数の視点位置に設けられた撮影装置により撮影することにより得られた画像データが入力される入力手段と、前記入力された画像データを複数の小領域に分割し、前記複数の視点位置毎に、前記光源に関する光源情報と前記複数の撮影装置の撮影姿勢情報とを用いて、前記複数の小領域それぞれの立体情報を検出し、前記複数の視点位置毎に検出された前記複数の小領域それぞれの立体情報を任意の座標系上で統合することにより前記被写体の立体情報を検出する立体情報検出手段とを備えることを特徴とする。

【0020】請求項10の立体情報検出装置は、上記請求項9に記載の立体情報検出装置において、前記立体情報は前記被写体の立体形状情報と前記被写体の表面のテクスチャ情報とを含み、前記立体情報検出手段は、前記複数の視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報と前記入力された画像データに基づいて被写体の立体形状情報を求め、前記被写体の立体形状情報及び前記光源に関する光源情報とに基づいて前記被写体の表面のテクスチャ情報を求め、前記求められた立体形状情報及び前記

6

求められたテクスチャ情報を任意の座標系において立体情報として統合することにより前記立体情報を検出するように構成されることを特徴とする。

【0021】請求項11の立体情報検出装置は、上記請求項9又は10に記載の立体情報検出装置において、前記撮影装置により得られた画像データに基づいて前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出する撮影姿勢情報検出手段を備えることを特徴とする。

【0022】請求項12の立体情報検出装置は、上記請求項11に記載の立体情報検出装置において、前記撮影姿勢情報検出手段は、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を、表面に既知のパターンが描かれた試料を前記被写体と共に撮影することにより検出するように構成されることを特徴とする。

【0023】請求項13の立体情報検出装置は、上記請求項9～12のいずれか1項に記載の立体情報検出装置において、前記撮影装置により得られた画像データに基づいて前記光源の光源情報を検出する光源情報検出手段を備えることを特徴とする。

【0024】請求項14の立体情報検出装置は、上記請求項13に記載の立体情報検出装置において、前記光源情報検出手段は、前記光源情報を、光学的特性が既知である複数の領域を有する試料を被写体と共に撮影することにより得られる画像データに基づいて検出するように構成されることを特徴とする。

【0025】請求項15の立体情報検出装置は、上記請求項10に記載の立体情報検出装置において、前記テクスチャ情報は前記被写体の表面の反射率を含み、前記立体情報検出装置は、前記反射率を用いて前記求められた前記被写体の立体形状情報を修正する立体形状情報修正手段を備えることを特徴とする。

【0026】請求項16の立体情報検出装置は、上記請求項15に記載の立体情報検出装置において、前記修正された立体形状情報を用いて、前記反射率を修正する反射率修正手段を備えることを特徴とする。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0028】(第1の実施の形態) まず最初に、本発明の第1の実施の形態について、図1～図3を参照して説明する。

【0029】図1は、本実施の形態にかかる立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。

【0030】同図において、三角錐形状を有する被写体1は、十分離れた光源2によって一様に照明された状態にあり、複数の視点位置におかれたカメラ3a、3b、3cによって撮影されている。カメラ3a、3b、3cの複数視点位置からの映像信号は立体情報検出装置4へ入力されて処理される。

50

【0031】立体情報検出装置4は、カメラ3a、3b、3cから入力された映像信号を任意の画像フォーマットへ変換する映像信号部5と、複数の画像データから被写体の立体情報を検出する立体情報検出部8と、装置内の各部を制御するためのCPU9と、画像データを記憶するメモリ6と、検出された立体情報等の情報を記録するための記録部7とから構成されている。

【0032】カメラ3a、3b、3cから入力された映像信号は、映像信号部5において立体情報検出部8が扱いやすい画像フォーマット、例えば10bitグレースケールのビットマップデータへ変換される。この変換は、カメラ3a、3b、3cからのRGB信号を1:2:1の割合で加算することにより行われ、その結果はCPU9により各視点毎に1枚分の画像データとしてメモリ6へ書き込まれる。また、CPU9により、予め記録部7内に記録されていた被写体位置情報、カメラ3a、3b、3cそれぞれの視点位置情報、焦点距離や画角等の情報を含むカメラパラメータ、及び、光源2の位置や特性に関する情報が、画像データと共にメモリ6へ書き込まれる。メモリ6に書き込まれた画像データ及び各情報は、後述する処理に用いられる。

【0033】立体情報検出部8では、被写体1の立体形状情報及び被写体表面の特性（テクスチャ情報）からなる立体情報を検出するための処理が行われる。

【0034】図2は、立体情報検出部8において行われる、被写体1の立体形状情報及び被写体表面の特性等のテクスチャ情報を含む立体情報を検出する立体情報検出処理手順を示すフローチャートである。なお、本フローチャートを実行するためのプログラムは図示しないメモリに記憶され、CPU9により実行される。

【0035】まず、ステップS1において、全ての画像データに対して処理が終了したか否かが判別される。最初はこの答が否定（NO）であるので、ステップS2に進み、任意の二つの視点OL（XL，YL，ZL）、OR（XR，YR，ZR）が選択され、一方の視点位置から撮影された画像データと、他方の視点位置から撮影された画像データとの対応点を抽出する対応点抽出処理が行われる。

【0036】ある程度の被写体の大きさを想定した場合、ステップS2において選択された二つの視点位置は既知であるので、2枚の画像データ中の被写体領域の重複部分が、カメラパラメータ及び被写体・視点位置情報に基づいて幾何学的に算出可能である。処理の負担を軽減するため、対応点抽出処理は、この重複領域に対してのみ行われる。本実施の形態では、対応点抽出処理方法としてテンプレートマッチング法が用いられるものとする。

【0037】図3は、テンプレートマッチング法を説明するための説明図であり、（A）は左側の視点位置から撮影された被写体1の画像データであり、（B）は右側

の視点位置から撮影された被写体1の画像データである。同図に示すように、テンプレートマッチング法は、一方の画像データ中に目的とする画像が含まれる任意の大きさの領域（テンプレート）を設定し、このテンプレートに含まれる画像（以下、テンプレート画像という）11が他方の画像データ中のどこに位置するかをサーチし、最も一致度の高い領域を対応点とする方法である。

【0038】対応点抽出処理に用いられる画像データは、撮影時の輝度データがそのまま用いられる場合や、エッジ検出のためのフィルタ処理等が施された画像データが用いられる場合があるが、いずれの場合も輝度の分布を利用しているため、被写体1の表面状態により上記

（1）式における鏡面反射の影響を受け、それが大きな誤差の原因となる。被写体1の表面状態を考慮した処理を行うことは困難であるので、ステップS2における対応点抽出処理においては、被写体表面は一律な拡散反射を行うものとし、鏡面反射成分による誤差を含んだ対応点が求められる。

【0039】対応点抽出処理が終了すると、ステップS3に進み、対応点抽出処理の結果と、各視点位置の相対関係と、撮影時のカメラパラメータとに基づいて、三角測量の原理を用いて被写体の立体形状情報が求められる。求められた立体形状情報は、後述する立体情報の統一のため、予め定められた座標系上へ移動される。

【0040】更に、ステップS3では、求められた立体形状情報を任意の大きさの小領域（面）に分割する処理が行われる。上述したように、ここでは被写体の表面は拡散反射成分のみをもつものとして対応点抽出処理が行われている。（1）式から判るように、鏡面反射成分は視点位置が光線の反射方向からずれるに従って急激に減少するため、一つの視野位置から被写体を見た場合、特定の法線方向をもった面以外は鏡面反射成分が小さく、無視してもその誤差は小さい。従って、拡散反射のみを考慮した場合、（1）式は以下のように近似することができる。

【0041】
$$I = I_0 \cdot K_a \cdot \cos \theta + C \cdots \cdots (2)$$
領域内の材質が変わらない場合、Iは面の法線方向と光源方向とがなす角 θ のみに依存する。従って、輝度の変化が一定値以内の条件で小領域分割を行うことにより、小領域内はそこに含まれる面の法線方向がほぼ等しい一つの面として取り扱うことができ、一つの小領域に一つの拡散反射率を対応させることができる。実際の分割方法としては、先に求めてある立体形状情報を考慮した上で、Iを1画像データ中で規格化し、その変動が所定値以下、または面積が所定値以下になるように分割が行われる。

【0042】ステップS3の処理が終了すると、ステップS4に進み、ステップS3で分割された小領域と光源2との位置関係が求められる。上述したように光源方向の情報は予め検出されてメモリ6に記憶されており、こ

れを上述した任意の座標系に置くことにより、光源2からの光線と小領域に含まれる面とにより作られる角 θ 及び ϕ を算出することができる。

【0043】ステップS4における角 θ 及び ϕ の算出後、ステップS5では、入力された画像データ内において輝度差が大きくなっている領域が検出される。この部分は、鏡面反射成分による誤対応が生じていると考えられるからである。すなわち、(1)式より、鏡面反射成分は $(\cos\phi)^2$ に依存するため、一つの視点からは $\cos\phi$ が1に近くなる特定の法線方向をもった領域のみがその周囲の領域に比較して急激に高輝度となるので、画像データを任意の大きさの小領域にわけた場合、隣接する領域との輝度差が大きな領域が、表面の色、材質の違いによる拡散反射成分の差以外の、鏡面反射成分による影響を受けた領域である可能性が高い。ステップS5ではそのような領域が検出される。この領域の大きさをステップS3で設定された小領域よりも大きくとることにより、後述する対応点抽出の結果との対応を図ることができる。

【0044】ステップS6では、ステップS3からステップS5までの結果を統合することにより、鏡面反射成分が大きかつ立体形状情報の変化量が大きくなっている誤り領域が取り出され、誤り領域を示すフラグが付加される。(1)式より、任意の領域の鏡面反射成分は視点によって大きく異なるため、同一の小領域に対しては、対応点抽出で用いられた二つの画像データのうちの一方のみが高輝度となる。このような領域に対して対応点抽出を行うと、その領域はエラーとなってインパルス状の凹又は凸の形状が示される。従って、ステップS3で求められた立体形状情報において、その立体形状情報の変化量が大きな領域は、鏡面反射による誤対応が生じている可能性が高い。実際に凹又は凸の形状である場合を除くため、ステップS3～S5の結果が統合され、周囲と比較して輝度の変化が大きく且つ形状変化の大きな領域が検出される。

【0045】また、ステップS6では、ステップS4において算出された角度 ϕ が設定された角度より小さい場合は、その領域では鏡面反射成分が無視できないものとして、その領域が誤り領域であるとされる。これにより、求められる被写体1の立体形状情報の精度を向上させることができる。

【0046】誤り領域を示すフラグ付加の後、ステップS7では、ステップS6でフラグが付加された領域を除く領域について、ステップS3で分割された任意の大きさの小領域毎に、(2)式及びステップS4で求められた角度 θ を用いて、面の拡散反射係数 K_a が求められる。(2)式では、観測される I には環境光等の誤差が含まれているが、小領域中では C は一定値を取るものとして取り扱うことにより、(2)式中の $I_0 \cdot K_a$ を求めることができる。この処理は、フラグが付加されてい

ない全ての小領域に対して行われる。

【0047】ステップS8では、ステップS6においてフラグが付加された小領域に対する処理が行われる。すなわち、(1)式から明らかなように、鏡面反射成分はある視点位置で急激に大きくなり、フラグが付加されている領域の周囲には、鏡面反射成分の影響が小さい領域であってステップS7において法線方向及び拡散反射係数が既知となった領域が存在する。そこで、この周囲の領域の結果を用いて、誤り領域の形状を補間することにより、その小領域の拡散反射係数が求められる。ここでは、正規化された輝度 I 及び光源2の輝度 I_0 及び拡散反射係数 K_a が既知となっている。これに加えて、補間により求められた面の法線方向を用いて角度 θ 及び ϕ を用いることにより、鏡面反射係数 K_b 及び定数 K_c が求められる。一つの小領域内では環境光の影響は等しいものとし、且つ領域内に対応した画素間では角度 ϕ のみが異なっているとすると、各画素間で(1)式の差分を取った式に対して最小二乗法等の手法を用いることにより当該小領域内の鏡面反射 K_b 及び定数 K_c を求めることができる。このような鏡面反射成分の大きな領域に対する処理によって、法線方向及び K_b 、 K_c が決定される。

【0048】ステップS9では、上述した処理により求められた係数及び法線方向を用いて、対応点抽出により求められた立体形状情報の補正が行われる。上記ステップS3で対応点抽出により求められていた立体形状情報は、被写体の表面が拡散反射のみを行うと仮定されていた。鏡面反射成分を考慮して求められた情報は、(1)式における K_a 、 K_b 、 K_c の他、小領域に含まれる面の法線方向が修正されている。この修正された法線方向が被写体1の距離情報と矛盾なく一致するように、被写体1の距離情報が修正される。また、各面での反射係数を距離情報と共に扱うことができるように、被写体の距離情報を示す点に、任意の座標上での当該小領域の位置情報と反射係数とが追加される。

【0049】ステップS2からステップS9までの処理は異なる二つの視点から取り込まれた画像データに対して行われ、この処理により一つの被写体情報(立体情報)が得られる。

【0050】ステップS10では、これまでに処理された任意の組合せの画像データから得られた被写体情報と、今回得られた被写体情報との融合が行われる。すなわち、異なる組合せ及び画像データから得られる同一領域の被写体情報は、撮影時の差、外乱又は処理上の誤差により完全には一致しないので、この重複領域が示す差を用いて被写体情報全体の修正が行われ、任意の座標系で一つの被写体情報が作成される。

【0051】上述した画像処理が全ての画像データに対して終了すると、ステップS1の答は肯定(YES)となり、これまでの処理によって構築された被写体1の立

11

体形状情報と反射率等のテクスチャ情報とを統合した被写体情報（立体情報）が、任意の形式で記録部7へ記録されて、本処理手順が終了する。

【0052】以上説明したように、本実施の形態によれば、複数の視点位置から撮影された画像データに基づいて、任意の座標系上での、立体形状情報及び反射率等のテクスチャ情報からなる立体情報を精度よく得ることができる。

【0053】また、立体形状情報を反射率で修正するようにしたので、被写体1の立体形状情報と反射率との間に生じる誤差が少なくなり、更に精度よく立体情報を得ることができる。

【0054】なお、本実施の形態では、入力された画像データをグレイスケールに変換したものを用いていたが、立体情報が求められた後、立体形状情報と画像データ中の画素との対応から、被写体表面の色情報を付加することも可能である。この場合、最終的な立体情報は、一つの点に対して任意の座標系での位置情報と、その点での色、模様、反射率からなるテクスチャ情報から構成されることになる。すなわち、各視点からの複数領域の立体形状情報と色・反射率等のテクスチャ情報と任意の座標系上で統合することにより、種々の形式の立体情報を、統一した形式で効率よく作成できるとともに、その立体情報を容易に取り扱うことが可能となる。

【0055】（第2の実施の形態）次に、本発明の第2の実施の形態について、図4～図6を参照して説明する。本実施の形態では、光源2の位置情報等を含む光源情報が未知の場合の立体情報検出処理について説明する。

【0056】図4は、本実施の形態に係る立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。同図において、上述した第1の実施の形態の図1に示した構成と同一の構成要素には同一符号を付してある。

【0057】被写体1の近くには、その形状が既知のパッド12が配置されており、複数のカメラ3a、3b、3cと、パッド12と被写体1との位置関係は既知となっている。また、撮影時のカメラパラメータも既知となっている。

【0058】パッド12上には、複数の場所に任意のパターンが描かれており、このパターンは拡散反射成分のみを有する領域と、拡散反射成分及び鏡面反射成分を有する領域とに分かれている。各領域の拡散反射係数、鏡面反射係数は、パッド12上での位置によりそれぞれ異なっており、それらのパターン位置と拡散反射係数、鏡面反射係数との関係は既知となっている。光源2は被写体1から十分離れた位置に配置され、被写体1を一樣な光で照明している。このような状況の下で、予め設定された複数の視点から撮影された画像データから、被写体1の立体情報の検出が行われる。

12

【0059】図5は、本実施の形態における立体情報検出手順を示すフローチャートである。

【0060】まず、ステップS21において、全ての画像データに対して処理が終了したか否かが判別される。最初はこの答が否定（NO）であるので、ステップS22に進み、被写体1と共に撮影されたパッド12の、画像データ中に占める領域を検出するパッド領域検出処理が行われる。撮影された画像データには被写体1以外にパッド12が含まれているが、被写体1の立体情報検出処理ではパッド12部分の画像データは必要なく、後述する光源情報検出処理以外の処理にはパッド12部分の画像データが除かれた画像データを用いるためである。被写体位置情報、パッド12の位置情報、及び各画像データの視点位置は既知であるので、これらのパラメータを用いて画像データ中のパッド位置を算出することは可能であるが、パッド12上の既知となっているパターンを用いて画像データ中からパッド領域を認識することができる。具体的には、パッド12と視点位置との相対位置関係は既知であるので、パッド12の表面のパターンに対して図に示すような視点方向からの見え方による変更を加えた既知パターンをテンプレート画像としてマッチング処理を行うことにより、パッド12部分の領域が認識される。

【0061】画像データ中のパッド領域検出処理が終了すると、ステップS23において、パッド12上の既知パターンをテンプレートとしてマッチング処理を行うことにより、ステップS22で認識されたパッド領域中から拡散反射成分のみの領域と鏡面反射成分を含む領域とが認識される。そして、ステップS24において、光源特性が算出される。具体的には、まず、拡散反射成分のみの複数領域が取り出され、各領域内での反射光の相対的な輝度差が求められる。そして、光源2及び環境光はパッド12上で一樣であるとして、上述した（2）式を用いて算出される各領域の値の差分が求められ、これらの最小二乗法の手法によりパッド12の法線方向と光源方向とがなす角 $\cos \theta$ 及び光源2の輝度 I_0 が算出される。

【0062】更に、光源方向の特定のために、角 ϕ の決定にはパッド12上の鏡面反射成分を有する領域からの情報が用いられる。これは、 $\cos \theta$ を算出したときと同様に、複数領域の相対的な輝度差から求めることができる。しかし、一つの視点位置から得られる画像データのみを用いて光源方向を求める場合には、鏡面反射成分の影響が少ない場合、例えば光源方向と任意の視点位置が図6のようにパッド12から見て同じ方向にある場合では、光源方向を特定することが困難となる。従って、ステップS24における、パッド12を用いた光源方向の特定においては、複数の視点位置から求められた結果を比較し、最も鏡面反射成分が大きくなる視点位置におけるデータが採用される。

13

【0063】このようにして求められた光源2の特性として光源方向及び光源2の輝度の算出が終了すると、ステップS25に進む。以下、ステップS25からステップS34の処理手順は、上述した第1の実施の形態の図2に示したステップS2からステップS11の処理手順と同様である。

【0064】以上説明したように、本実施の形態によれば、既知のパターンが描かれており、予め光学的な特性が判っているパッド12を用いることにより、光源2の特性が既知でない場合であっても、被写体1の立体形状情報及び被写体1の表面のテクスチャ情報からなる立体情報を得ることができる。

【0065】なお、光源2の位置が被写体1に近く、被写体に一樣な光線が当たっていない場合は以下のように対応することができる。すなわち、(2)式より、光源2が近い場合は、パッド12上の拡散反射成分を有する複数の領域では、パッド12への入射角 θ が異なるため反射光の輝度が異なる。従って、異なる領域では異なる光源方向 θ が算出される。従って、光源2からの複数の光線がパッド12と交差する点及びその点における光線の角度が判るので、幾何学的に光線の交点、つまり光源2の方向及び位置を求めることができる。

【0066】また、上述したように、本実施の形態では、光源情報を得るために表面のパターンが既知であるパッド12を用いたが、これを被写体1中の法線方向の異なる、同じ拡散反射係数を有する複数の拡散反射面(領域)で代用することも可能である。この場合、画像データ中での光源情報取得のための領域を指定する必要があるが、撮影方向の自由度が大きいという利点がある。

【0067】(第3の実施の形態)次に、本発明の第3の実施の形態について、図7を参照して説明する。本実施の形態では、不特定の視点位置から撮影された複数の画像データに基づいて立体情報を検出する手法について説明する。

【0068】図7は、本実施の形態に係る立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。同図において、上述した第1の実施の形態の図1に示した構成と同一の構成要素には同一符号を付している。

【0069】被写体1は、視点位置及び光源情報を得るためのその形状が既知のパッド12の上に配置されており、一台の複眼カメラ3dによりパッド12を含む被写体1が撮影されている。複眼カメラ3dの焦点距離、鏡筒間の相対的な位置関係、及び光軸方向等のカメラパラメータは既知である。また、パッド12上の表面には、上述した第2の実施の形態と同様に、形状及び光学的特性が既知の任意のパターンが描かれている。光源2は被写体1から十分に離れた位置に配置されており、被写体1を一樣な光で照明している。この状況の下で、カメラ

14

3dを移動させることにより、複数の視点から被写体12が撮影され、その画像データから視点位置情報、立体形状情報や反射率等の立体情報が検出される。

【0070】なお、本実施の形態において、被写体1の立体形状情報検出処理及び光源情報検出処理は、上述した第1及び第2の実施の形態と同様であるので、ここでは、画像データからの視点位置検出手順について説明する。

【0071】左右鏡筒の相対位置関係が既知であるカメラ3dで被写体1を撮影した場合、第1の実施の形態で説明した対応点抽出手順を用いて、カメラ3dにより撮影された二つの画像データの画素間の対応関係を得ることができれば、任意の座標上において、三角測量の原理を用いて、画素に対応した被写体の位置と一つの視点位置との相対位置関係を求めることができる。ここでは、両視点間の相対位置関係を関連づけるために、画像データ中のパッド情報が用いられる。第2の実施の形態で光源方向を求めたときと同様に、パッド上に描かれた既知パターンは視点位置により変化するので、このパターンの変化を検出することにより、その画像データがパッド12に対してどの角度から見た場合の画像データであるか、即ち視点位置と被写体位置との相対位置関係を検出することができる。

【0072】本実施の形態で用いたパッド12上には、拡散反射成分のみを有する領域があるので、この領域に対して対応点抽出及び視点位置検出を行えば、光源2の位置に左右されずに安定した視点位置検出を行うことができる。

【0073】このようにして検出された視点位置に基づいて、上述した手法により、被写体の立体形状情報及び反射率情報等のテクスチャ情報を含む立体情報を得ることができる。

【0074】以上説明したように、本実施の形態によれば、パッド12及び複眼カメラ3dを用いることにより、撮影時に視点位置を固定することなく、任意の視点位置から撮影された画像データから被写体の立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を検出することができる。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の立体情報検出方法又は請求項9の立体情報検出装置によれば、前記得られた画像データを複数の小領域に分割し、前記複数の視点位置毎に、前記光源に関する光源情報と前記複数の視点位置それぞれにおける前記撮影装置の撮影姿勢情報とを用いて、前記複数の小領域それぞれの立体情報を検出し、前記複数の視点位置毎に検出された前記複数の小領域それぞれの立体情報を任意の座標系上で統合することにより前記被写体の立体情報を検出するようにしたので、任意の座標形状での被写体の立体情報を精度良く得ることができるという効果が得られる。

15

【0076】請求項2の立体情報検出方法又は請求項10の立体情報検出装置によれば、前記立体情報は前記被写体の立体形状情報と前記被写体の表面のテクスチャ情報とから構成し、前記複数の視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報と前記得られた画像データに基づいて被写体の立体形状情報を求め、前記被写体の立体形状情報及び前記光源に関する光源情報とに基づいて、前記被写体の表面のテクスチャ情報を求め、前記求められた立体形状情報及び前記求められたテクスチャ情報を任意の座標系において立体情報として統合するようにしたので、任意の座標系での、立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を精度良く得ることができるという効果が得られる。

【0077】請求項3の立体情報検出方法又は請求項11の立体情報検出装置によれば、得られた画像データに基づいて、前記各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を検出するようにしたので、撮影時に始点位置を固定することなく、任意の視点位置から撮影された画像データから被写体の立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を得ることができるという効果が得られる。

【0078】請求項4の立体情報検出方法又は請求項12の立体情報検出装置によれば、各視点位置における前記撮影装置の撮影姿勢情報を、表面に既知のパターンが描かれた試料を前記被写体と共に撮影することにより検出するようにしたので、撮影時に始点位置を固定することなく、しかも簡単な構成で、任意の視点位置から撮影された画像データから被写体の立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を得ることができるという効果が得られる。

【0079】請求項5の立体情報検出方法又は請求項13の立体情報検出装置によれば、得られた画像データに基づいて前記光源の光源情報を検出するようにしたので、光源の特性が既知ではない場合であっても、被写体の立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を得ることができるという効果が得られる。

【0080】請求項6の立体情報検出方法又は請求項14の立体情報検出装置によれば、光源情報を、光学的特性が既知である複数の領域を有する試料を被写体と共に撮影することにより得られる画像データに基づいて検出するようにしたので、光源の特性が既知ではない場合であっても、簡単な構成で、被写体の立体形状情報及びテクスチャ情報からなる立体情報を得ることができるという効果が得られる。

16

【0081】請求項7の立体情報検出方法又は請求項15の立体情報検出装置によれば、テクスチャ情報に含まれる反射率を用いて、求められた被写体の立体形状情報を修正するようにしたので、被写体の形状と反射率との間に生じる誤差が少なくなり、精度よく立体情報を得ることができるという効果が得られる。

【0082】請求項8の立体情報検出方法又は請求項16の立体情報検出装置によれば、修正された立体形状情報を用いて、反射率を修正するようにしたので、被写体の形状と反射率との間に生じる誤差が少なくなり、精度よく立体情報を得ることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。

【図2】同実施の形態における、被写体の立体形状情報及び被写体表面の特性等のテクスチャ情報を含む立体情報を検出する立体情報検出処理手順を示すフローチャートである。

【図3】テンプレートマッチング法を説明するための説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。

【図5】同実施の形態における立体情報検出手順を示すフローチャートである。

【図6】鏡面反射成分の影響が少ない場合に光源方向を特定する手法を説明するための説明図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係る立体情報検出方法を採用する撮影システムの概略構成を示すブロック図である。

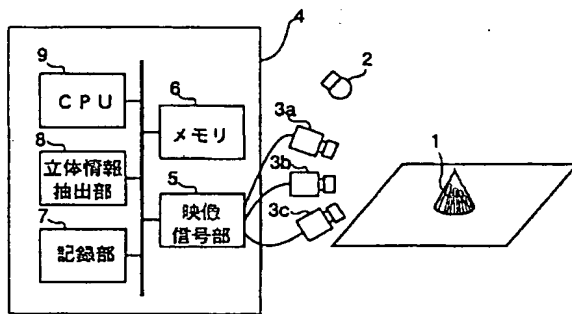
【図8】従来の立体情報検出方法を説明するための説明図である。

【図9】被写体表面での光線の反射状態を示す説明図である。

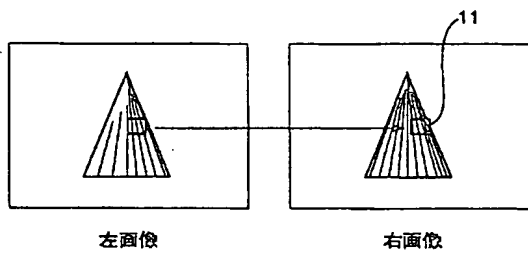
【符号の説明】

- 1 被写体
- 2 光源
- 3 カメラ
- 7 記録部
- 8 立体情報抽出部
- 12 パッド

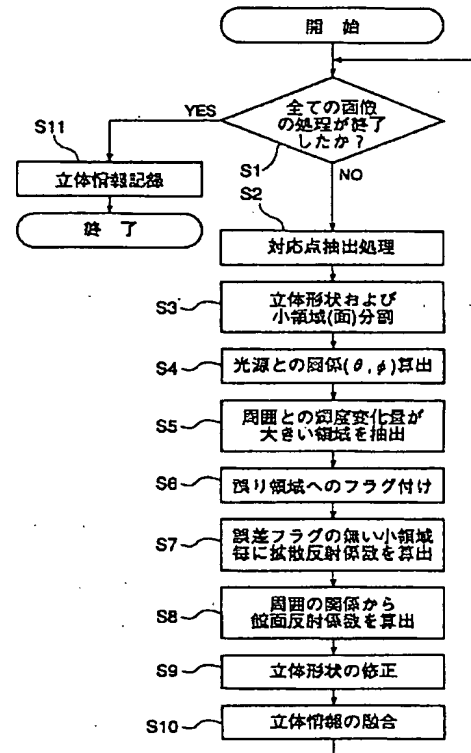
【図1】



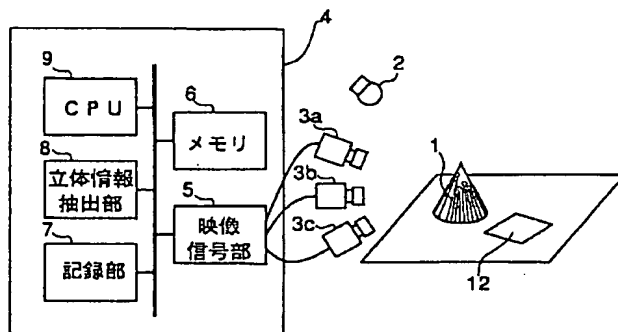
【図3】



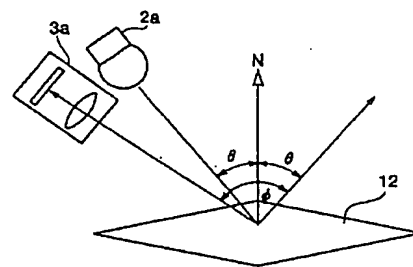
【図2】



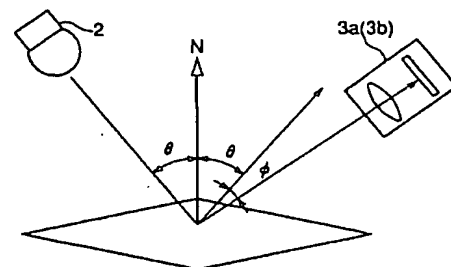
【図4】



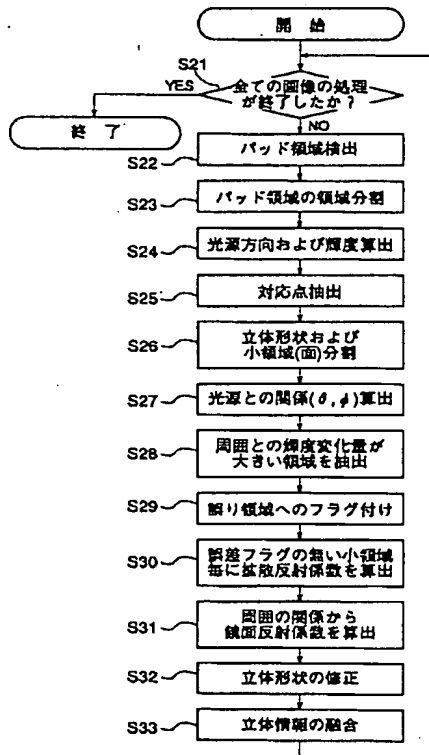
【図6】



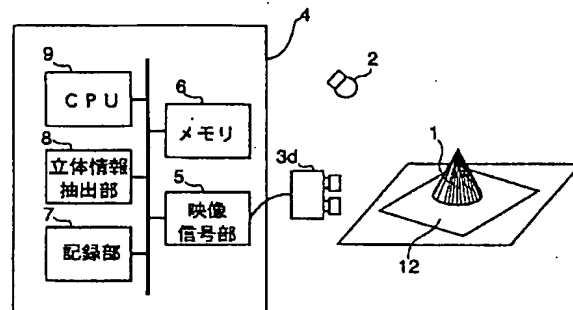
【図9】



【図5】



【図7】



【図8】

